

# ユーザインターフェースメタファのモデル化と評価

著者	佐藤 究
号	16
発行年	1995
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10097/12699">http://hdl.handle.net/10097/12699</a>

氏 名 (本 籍)	佐 藤 究 (青 森 県)
学 位 の 種 類	博 士 (情 報 科 学)
学 位 記 番 号	情 博 第 16 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 8 年 3 月 26 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研 究 科 , 専 攻	東北大学大学院情報科学研究科 (博士課程) 情報基礎科学専攻
学 位 論 文 題 目	ユーザインタフェースメタファーのモデル化と評価
論 文 審 査 委 員	(主 査) 東北大学教授 白鳥 則郎 東北大学教授 宮崎 正俊 東北大学教授 静谷 啓樹

## 論 文 内 容 要 旨

近年、安価な強力なコンピュータを基盤にした高度で複雑かつ多種多様な情報システムが構築され、普及してきている。それにつれてコンピュータの利用形態も複雑なものになり、人間-情報システム間の関係もより複雑に、より多様なものに変化してきている。また一方で、LAN や WAN などのネットワークの発達により情報システムが相互に接続された分散システムとなり、その分散システムを活用したさまざまなサービスが広く提供されるようになってきている。

このような状況の中で、分散システムは知的活動やコミュニケーションのための新しい環境として注目を浴びてきている。しかし、分散システムを構成するために用いられている概念、技術 (クライアントサーバーモデル, アルゴリズム等) やそこで提供されるサービスを利用するための操作は、初心者ユーザにとって一般の社会生活の中には存在しない異質な概念、操作である。

また分散システムは、適供されるサービスの数や種類が非常に多く、追加、削除、変更が頻繁に行われ系全体が常に変化するという特徴を持つ。そのため、初心者ユーザでなくても、それらの仕組みや利用法を逐次覚えることによって分散システムを自由に使いこなすことは非常に困難である。

ユーザにとって、知的活動としての仕事 (ユーザタスク) を達成することが本来の目的であり、分散システムはそのために利用するツールである。ツールの仕組みや利用法を学習することは付随的なものであり、特に初心者ユーザにとってその学習負荷は大きな精神的負担となる。

それゆえ、ツールの学習負荷を軽減し、ユーザが知的活動のみに全力を注ぐことを可能とするユーザインタフェース (以下、UI とよぶ)、すなわちシステムの利用を通じてシステムの機能・操作を自然にかつ容易にユーザが理解 (メンタルモデルの構築) できるような UI を構築することは大きな課題である。

そこで著者は、分散システムの理解を認知科学的観点から分析しユーザに理解させるための手法として、比喻 (メタファー) の UI 上での役割の分析を行い、それに基づく分散システムのためのメタファーを提供する UI の設計法に関する詳細な研究を行った。本論文はその成果をまとめたものであり、全編 6 章からなる。

第 1 章は序論である。

第 2 章では、一般ユーザと分散システムの関わり及び分散システムの理解について認知科学的側面から考察する。またユーザに理解させるための手法としてメタファーの UI 上での役割について検討し、これらの議論をもとに、認知科学、工学の両者からの要求を満たす UI メタファーのモデルである比喻写像およびその構造化の概念を提案し定式化を行う。これにより分散システムのような大規模なシステムに対するメタファーの設計が容易になり、メタファーの設計

を UI の実装と切り離して論議することが可能になる。

まず、システムの理解という観点から、(1) 実現手法、概念の完全な理解、(2) メンタルモデルの構築による理解、を考察し、分散システムに対するメンタルモデル構築を困難にする理由である、(1) 大規模性、(2) 拡張性等の動的側面、(3) 新奇性、(4) 多様性、(5) 構成要素への直接操作が不可能、を分析する。

次にメンタルモデル構築の補助のための手法としてのメタファー（比喩）を「異質な概念をユーザに見せることなく分解・合成し、既存の概念に再構築してユーザに提示し、使用させるための分解・再構築の枠組」と捉え、UI 上で実装されるメタファーを UI メタファーとし、「例えられる対象の集合（目標領域と呼ぶ）から例える対象の集合（基底領域と呼ぶ）への写像」である比喩写像と定義した。

さらに分散システムに対するメンタルモデルとして有効であると思われるメンタルモデルである、機能概念に基づくメンタルモデル、利用概念に基づくメンタルモデルを設定し、メタファーの同形性、透明性、複数のメタファーの認知的整合性、および工学的親和性を踏まえた上で UI メタファーの認知工学的モデルである第 1～3 比喩写像を提案した。これは、(1) ユーザが既知の知識として身につけている基底領域を UI メタファーとして扱えるように書き下す表現形式である。具体的な基底領域（デスクトップ、TV、都市等）やその表現、実現手法とは独立したものである。また(2) 機能概念、利用概念に沿ったメンタルモデル構築を支援可能なものでかつ(3) その表現形式が実装を考慮した工学的親和性を持っている必要がある。さらに(4) マジック（実世界には存在しないが工学的に可能でユーザにとって有用である機能）の表現能力、といった 4 点を満たすものである。

これにより、直感的なメタファーのマッピングではなく、認知科学と工学の両方の観点からの要求を満たす一貫性の取れたメタファーの取り扱いを可能にする。

第 3 章では、第 2 章で提案した比喩写像を分散システム上に実装するためのオブジェクト指向に基づいたモデルを提案する。このモデルに基づいて、都市のメタファーを提供する分散システムのための UI、メタファーネットワーク DoReMi を異機種分散システム上に実装している。これにより比喩写像の有効性を確認している。メタファーネットワーク DoReMi は、第 1、2、3 比喩写像のオブジェクト指向およびサーバライアントモデルによる実装例である。DoReMi では、構造、機能の共通性、システムに対する拡張性とメタファーとしての広がり、親しみやすさを、を考慮した結果、第 2 比喩写像の構造の頂点に立つ比喩写像として「都市」を選択した。また DoReMi では、(1) その局面を最も端的に表した絵であるシーン、(2) シーンからシーンへの認知的に無理のない移行であるシナリオ、および(3) モードレスな、シナリオに沿ったシーン間の自由な移動によってメタファーを可視化し、分散環境上のサービスに対し統一的な概念に基づくメタファーを提供し、サービスを提供するマシンへの接続から、サービス上でのコマンド実行に至るまで断絶することなく整合性の取れたメタファーを提供する。

現在メタファーネットワーク DoReMi が対応しているサービスは、電子メール、図書検索サービス、電子メールアドレス検索サービスである。それぞれのサービスが第 1～3 比喩写像にマッピングされた形で提供される。さらにユーザ間の出会いに基づくコミュニケーションをサポートする機能（IPCE）を実現している。

第 4 章では、第 3 章で構築した DoReMi を用いた認知心理学実験により、第 2 章で述べた UI メタファーの認知工学的モデルとそれに基づく UI（DoReMi）のシステムの学習、理解に及ぼす効果およびメンタルモデル構築に及ぼす効果等の認知的有効性を評価するための評価法の提案と評価を行った。

具体的な評価観点としては、(1) UI メタファーがシステムの学習および理解に及ぼす効果、(2) メタファーを提供する UI の使用におけるメンタルモデルの変化、(3) UI メタファーにより生じる問題点の発見、である。実験では比較のための統制条件として、シーン条件およびシナリオ条件を設け、メタファー提供の程度、およびそのリアリティにより 3 種類の DoReMi 実験システムを構築し、各 5 名の初心者である被験者に課題を与え、それぞれシステムの課題試行状況、発話プロトコルの解析、メンタルモデルの計測、評定からメタファーの役割を評価した。

結論として、UI メタファーとその実現手法がシステムに対するメンタルモデルの構築を助け、学習、理解の大きな助けになるという結果が得られた。また、3 つの実験システムによる比較実験から、メンタルモデルの構築時においてはビジュアルよりもシナリオ（コンテキスト）が意味を持つことが分かった。このことから、ビジュアルよりもコンテキストを重視する UI の方がメンタルモデルの構築の補助の効果が発揮されるといえる。さらに、「メタファーの事象のリアリティ」がメタファーの効果をあげるために重要であることが分かった。UI メタファーの欠点として、「メタファー

による制約」,「メタファーの過剰一般化」,「ユーザのエキスパート化への不对応」が確認された。このうち最初の2つは、ユーザがメタファー UI のエキスパートとなり学習を進めて理解を深めていくうちに自然と解消される短期的な欠点である。しかし、3つめの欠点はユーザが学習によって解消されることのない長期的、恒久的な欠点でありメタファー UI における重大な欠点であるといえる。

第5章では、第4章において表出した欠点であるユーザのエキスパート化に伴うメタファーの限界を分析し、この欠点を解消するための、ユーザの状態、意志に適応して変化する動的なメタファーの DoReMi 上での実現について述べる。

前章の実験から、ユーザの初期学習時におけるメンタルモデル形成を助けるための UI の実現手法としてメタファーの利用が効果を上げることが実証された。しかし、このような観点から実装されたメタファー UI は一般に初心者ユーザに対して最大限の効果をあげるように設計されている。そのためユーザがメタファーエキスパートユーザとなりメタファー UI をツールとして使い込むに従い、初期学習時における記憶、学習負荷等の認知的負荷を減らすといったメタファーの機能の重要性は減少し逆に欠点が生じることが判明した。これを解消するためには従来のスタティックなメタファーの実現、提供ではなく、ユーザの状態、意志に適応して変化する動的なメタファーの実現、提供が必要となる。このようなメタファーをユーザアダプティブメタファー（以下 UAM と呼ぶ）と定義し、本章ではそのあり方について議論し、その DoReMi 上での実現として以下を行った。

#### (1) UAM-DoReMi 実現モデル

UAM-DoReMi 記述環境からのリクエストに応じて動的に第1～3比喩写像、シーン、シナリオを変更できる機能、その変更が他のユーザの比喩写像への影響を与えないような機能を実現するため、ダイナミックオブジェクトおよびパートナネデルによる実現モデルの構築を行った。

#### (2) UAM-DoReMi 記述言語の定式化

UAM-DoReMi における UAM を記述するための記述言語である。この言語によりメタファーエキスパートユーザはメタファー UI (DoReMi) を通して得られた知識、メンタルモデルしか持っていない場合でも容易に UAM を記述することが可能になる。

#### (3) UAM-DoReMi 記述環境の提供

DoReMi におけるメタファーはシステム全域に割り当てられており、システムはメタファーで完全に閉じているユーザに提供される。そのため簡単なカスタマイズ手法ですらメタファーの枠を超えない手法で提供する必要がある。UAM-DoReMi 記述環境はメタファーエキスパートユーザによる UAM 記述を支援する環境で、UAM のビューワ、エディタの機能を持つ。

第6章は結論である。

## 審 査 結 果 の 要 旨

高度な分散システムの進展に伴い、分散システムを利用した知的活動が普及しつつある。しかし、分散システムを利用するために必要な知識や利用手順は一般にユーザにとって高度で複雑になっている。そのため、一般ユーザの負荷を軽減し、ユーザが本来の目的である知的活動のみに専念することを可能とするユーザインタフェース（UI）を構築することが大きな課題となっている。

そこで著者は、分散システムの理解を認知科学的観点から分析しユーザに理解させるための手法として、比喻（メタファー）のUI上での役割の分析を行い、それに基づく分散システムのためのメタファーを提供するUIの設計法に関する詳細な研究を行った。本論文はその成果をまとめたものであり、全編6章からなる。

第1章は序論である。

第2章では、一般ユーザと分散システムの関わり及び分散システムの理解について認知科学的側面から考察する。またユーザに理解させるための手法としてメタファーのUI上での役割について検討する。これらの議論をもとに、認知科学、工学の両者からの要求を満たすUIメタファーのモデルである比喻写像およびその構造化の概念を提案し定式化を行う。これにより分散システムのような大規模なシステムに対するメタファーの設計が容易になり、メタファーの設計をUIの実装と切り離して論議することが可能になる。これはメタファーを提供するUIの開発に新しい視点を与える重要な成果である。

第3章では、第2章で提案した比喻写像を分散システム上に実装するためのオブジェクト指向に基づいたモデルを提案する。このモデルに基づいて、都市のメタファーを提供する分散システムのためのUI、メタファーネットワークDoReMiを異機種分散システム上に実装している。これにより比喻写像の有効性を確認している。

第4章では、第3章で構築したDoReMiを用いた認知心理学実験により、比喻写像およびこれに基づいて実装されたUIの認知的有効性の評価法を提案し評価を行っている。この評価法は、UIの評価手法に新たな知見を与えるものである。また評価結果は、比喻写像およびこれに基づき実装されたUIが認知的に有効なものであることを示している。これは興味深い結果である。

第5章では、第4章において表出した欠点であるユーザのエキスパート化に伴うメタファーの限界を分析し、この欠点を解消するため、ユーザの状態、意志に適応して変化する動的なメタファーのDoReMi上での実現について述べている。これは、この分野の発展に有用な知見を与えるものである。

第6章は結論である。

以上要するに本論文は、分散システムのような大規模なシステムにおいて、一般ユーザが容易に高度な利用を可能とするUI実現のために重要な基礎を与えたもので、情報基礎科学の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士（情報科学）の学位論文として合格と認める。